

# Um Apito no Samba: aspectos acústicos e perceptivos

*por Leonardo Fuks*

## **Sumário**

Aspectos acústicos e perceptivos de um dispositivo ornitofônico encontrado no Brasil são estudados nesta investigação sobre apitos brasileiros, em curso. Trata-se de um apito rolante, que compõe obrigatoriamente a bateria das escolas de samba, sendo um componente básico do instrumental de percussão. O apito rolante apresenta um interessante efeito de modulação na amplitude, dando lugar a um som complexo, penetrante e constituído por parciais inarmônicos. Estes sons são analisados no domínio do tempo e da frequência. É proposta uma técnica para a extração de parâmetros acústicos de tais sons, baseada na estrutura do envelope de amplitudes, combinado com a análise espectral por transformada rápida de Fourier, FFT. Pretende-se dar prosseguimento à presente pesquisa com um levantamento completo dos apitos brasileiros e a análise acústica dos mesmos.

## **1 Introdução**

Apitos são encontrados na maioria das culturas mundiais, das eras pré-históricas aos dias de hoje. Na maioria dos casos, se caracterizam por protótipos de flautas, sendo que a designação de apitos se dá principalmente devido às funções de sinalização inter-humana e imitação de animais, contrastando com as aplicações musicais e ritualísticas daqueles instrumentos (Montagu, 1980). Trata-se, portanto de uma denominação vaga e não baseada num modelo sistemático. A maior parte dos apitos são zoofônicos, isto é, destinam-se a reproduzir sons de animais. Em particular, os apitos ornitofônicos, tal como o objeto deste estudo, se destinam a imitar o som ou o canto de pássaros para a aproximação e/ou captura. Provavelmente por não serem geralmente considerados como instrumentos musicais, mas de caça ou mesmo como brinquedos, os apitos não receberam especial atenção em estudos afiliados à organologia (vide Travassos, 1986), ao folclore e à acústica musical. Autores como Manizer (1934), Izikowitz (1970) e Camêu (1977) oferecem descrições iconográficas e textuais de inúmeros tipos de apitos indígenas que, ao nosso ver, merecem ser mais detalhadas e elaborados quanto aos aspectos do funcionamento e operação.

Alguns apitos possuem uma pequena esfera ou cilindro cativos no seu interior, que entram

em movimento com o fluxo aerodinâmico estabelecido na cavidade, servindo como um modulador do som. Este é o caso do apito rolante enfocado, encontrado em diversas regiões do Brasil e adotado pelas baterias de samba.

Deve-se ressaltar, no entanto, que nenhuma referência a este tipo de apito foi encontrada nas obras de etnologia citadas acima, apesar de sua ampla difusão no litoral e no interior do Brasil.

## 2 Ressorador de Helmholtz

O apito estudado contém uma cavidade de ar de volume  $V_r$  que entra em ressonância a partir de uma excitação de jato de ar conduzido por um canal estreito e dirigido a uma aresta em forma de bisel, portanto análogo a um ressoador de Helmholtz "sem colar" (*neckless*), vide Figura 1. Para tal modelo, a frequência de ressonância da cavidade,  $f_{0c}$ , pode ser estimada pela fórmula (Fletcher and Rossing, 1998) :

$$f_{0c} = 2.16c \sqrt{\frac{a}{V_r}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde,  $c$  é a velocidade do som [m/s],  $a$  é o raio equivalente de entrada da cavidade [cm] e  $V_r$  é o volume da cavidade de ressonância [cm<sup>3</sup>]. Desta forma, a frequência fundamental é diretamente proporcional à raiz quadrada das dimensões da abertura e inversamente proporcional à raiz quadrada do volume de ressonância.

## 3 Apito Rolante, ou "de Samba"

É constituído por uma cavidade de ressonância contendo um cilindro rolante de material de baixa densidade, e excitado por um bocal em bisel, do tipo de flauta doce, ver Figura 1. Como pio de ave, imita o inhambu-xororó (ave da família dos tinamídeos, a mesma dos macucos e codornas) e o capoeira (uru), por exemplo. É empregado, no contexto do samba, como um dispositivo de sinalização e regência auditiva, servindo como uma "batuta sonora" (*cueing*

*device*, segundo Araújo, 1992), também contribuindo para a textura sonora do conjunto instrumental-vocal. O apito rolante, em virtude do movimento do cilindro em seu interior, apresenta um efeito peculiar de modulação sonora. O som nominal do apito, que de outra forma seria consideravelmente agudo e estável, parece ser perturbado de forma aproximadamente periódica por uma baixa frequência de oscilação. Este componente perceptível de baixa frequência pode ser controlado através da vazão de sopro, dando origem a uma faixa de alturas de mais de uma oitava. O som deste apito, rico em parciais num amplo espectro de frequências, é dificilmente mascarado por outros sons ambientes e instrumentais, sendo assim justificado seu emprego na sinalização sonora. Um tipo de apito de certa forma análogo é aquele utilizado por juizes de esporte (*referee/coaching whistle*) e por policiais, geralmente do tipo de esfera rolante.

### 3.1 Experimento



*Figura 1. Apito com cilindro rolante, produzido industrialmente, utilizado em baterias de escolas de samba. Possui dois orifícios tonais, de dimensões diferentes.*

Inicialmente, o cilindro rolante do apito foi imobilizado junto à câmara interna pela aplicação de pequena quantidade de cola rápida. O apito foi soprado a dois níveis de pressão de sopro, 6 cmH<sub>2</sub>O e 72 cmH<sub>2</sub>O, estando os dois orifícios tonais abertos, vide Figura 1. Estes dois níveis foram escolhidos por representarem valores extremos que seriam verificados na operação realística do dispositivo. O sinal de áudio foi gravado num gravador DAT, a uma frequência de amostragem de 48 kHz. Em seguida, o cilindro rolante foi descolado da câmara e o procedimento de gravação repetido em condições semelhantes.

Os sinais gravados foram transferidos digitalmente para um computador pessoal dotado de placa de som (marca Turtle Beach Systems, modelo MultiSound Pinnacle). Os sons foram processados e analisados com auxílio dos programas Sound Swell (Nyvalla, Estocolmo) , Spruce Applications (Tolvan Data) e Cool Edit Pro (Syntrillium Co.).

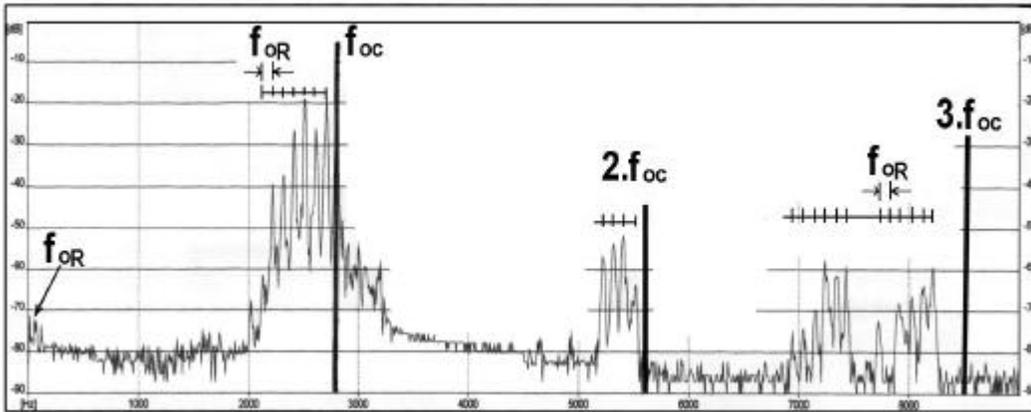


Figura 2. Espectro de frequências (entre 0 e 9000 Hz) do apito rolante a uma pressão de sopro de 70 cmH<sub>2</sub>O, com o cilindro imobilizado (barras verticais) e durante operação normal (linha fina). Pode-se observar que, com a modulação, surgem parciais que correspondem aos harmônicos de  $f_{OC}$  subtraídos de múltiplos inteiros de  $f_{OR}$ .

### 3.2 Resultados

Com o cilindro imobilizado, a frequência fundamental da cavidade,  $f_{OC}$ , variou entre 2100 Hz (Dó<sub>6</sub>) e 2800 Hz (Fá<sub>6</sub>), para os dois valores extremos de pressão de sopro, portanto num intervalo de quarta justa, aproximadamente. No gráfico da Figura 2, os primeiros três harmônicos são mostrados como barras verticais ( $f_{OC}$ ,  $2.f_{OC}$  e  $3.f_{OC}$ ). Com a liberação dos movimentos do cilindro rolante, dá-se origem a um som complexo, flagrante e constituído por parciais harmônicos e inarmônicos, vide Figura 2. Este espectro mostra apenas frequências de até 9000 Hz, embora parciais de mais de 15000 Hz estarem presentes. Percebe-se auditivamente neste sinal complexo um componente grave, cuja frequência corresponde àquela do movimento do cilindro rolante, a que denominamos  $f_{OR}$ . Numa tentativa de generalização poder-se-ia supor que a estrutura espectral total corresponderia à frequência de ressonância da cavidade,  $f_{OC}$ , e seus harmônicos, acrescido de uma família de parciais que corresponde a **mais e menos**  $n$  vezes

$f_{OR}$ , sendo  $n$  os números inteiros 1,2,3, ...,n, além da série harmônica de  $f_{OR}$ . Isto significa que o espectro do som poderia ser representado por:

- I.  $[f_{OR}; 2.f_{OR}; 3.f_{OR}; 4.f_{OR}; 5.f_{OR}; \dots; n.f_{OR}]$  (série harmônica de  $f_{OR}$ )
- II.  $[f_{OC}; 2.f_{OC}; 3.f_{OC}; 4.f_{OC}; 5.f_{OC}; \dots; n.f_{OC}]$  (série harmônica de  $f_{OC}$ )
- III.  $[f_{OC} + f_{OR}; f_{OC} + 2.f_{OR}; f_{OC} + 3.f_{OR}; f_{OC} + n...; 2.f_{OC} + f_{OR}; 2.f_{OC} + 2.f_{OR}; 2.f_{OC} + 3.f_{OR} + \dots; 3.f_{OC} + f_{OR}; \dots]$  (série modulada "positiva")
- IV.  $[f_{OC} - f_{OR}; f_{OC} - 2.f_{OR}; f_{OC} - 3.f_{OR}; f_{OC} - n...; 2.f_{OC} - f_{OR}; 2.f_{OC} - 2.f_{OR}; 2.f_{OC} - 3.f_{OR} - \dots; 3.f_{OC} - f_{OR}; \dots]$  (série modulada "negativa")

Este padrão espectral corresponderia a um caso de amplitude modulada (AM), onde  $f_{OC}$  e seus harmônicos modulam as frequências portadoras  $n.f_{OR}$ . Conforme pudemos observar no espectro, os componentes das séries I e III acima são praticamente desprezíveis, com amplitudes geralmente de 30 a 40 dB a menos que os parciais mais importantes. Além disso, alguns parciais esperados não se encontram, tais como  $2.f_{OC}$ ,  $3.f_{OC}$ ,  $3.f_{OC} - f_{OR}$ ...

Estes fatos revelam que os sons graves percebidos no som do apito independem do conteúdo "real" em baixa frequência. Observando a forma de onda do sinal se nota uma importante modulação no envelope de amplitudes, indicando que o fenômeno de amplitude modulada (AM) de fato desempenha papel fundamental na percepção dos sons graves.

Para a extração do envelope de amplitudes utilizamos o programa Extract Spruce (Tolvan, Estocolmo) que efetua a computação do nível do sinal, neste caso por média quadrática (RMS), com um filtro passa-baixa na saída de 200 Hz. Conforme esperado, este método extrai eficientemente o envelope de amplitudes do som, suprimindo a altas frequências, fornecendo o som grave percebido.

### 3.3 *Discussão*

No uso musical deste apito, o instrumentista pode produzir basicamente três diferentes notas de ressonância pelas combinações dos orifícios tonais, que definem o valor equivalente de  $a$  na Equação 1. Com a variação da pressão de sopro na faixa de 6 a mais de 70 cmH<sub>2</sub>O pôde-se elevar a frequência de ressonância num intervalo de aproximadamente uma quarta justa, isto é,

33%. Pode-se supor que o aumento na vazão de ar por sobre o bisel do apito tenha como consequência uma redução do volume efetivo  $V_r$  da cavidade de ressonância. Ademais, pode-se variar grandemente o som modulante devido ao cilindro rolante, numa faixa de mais de uma oitava, pelo controle na vazão de ar na entrada. No nosso caso, este som variou entre 50 Hz e 110 Hz, aproximadamente, como mostrado pelo método de extração de envelope de amplitudes. Tal componente de AM não é necessariamente detectável no espectro de frequências, mas pôde ser mostrado no domínio temporal pela curva de nível RMS. A mesma técnica pode ser eventualmente empregada na análise de outros sons "virtuais", ou seja, não visíveis no espectro, tais como sons diferenciais e certos multifônicos de instrumentos de sopro.

Numa etapa posterior, fizemos uma filtragem com filtros de banda para determinar a faixa mais importante de frequências do sinal, que perceptivamente represente o som original. Constatamos que a faixa de 2000 Hz a 3500 Hz abrange os elementos relevantes do som, conforme também assinalado na representação espectral. Os parciais em questão são:  $f_{0C}$  ;  $f_{0C} - f_{0R}$  ;  $f_{0C} - 2.f_{0R}$  ;  $f_{0C} - 3.f_{0R}$  ;  $f_{0C} - 4.f_{0R}$  ;  $f_{0C} - 5.f_{0R}$  ;  $f_{0C} - 6.f_{0R}$ .

A não ocorrência dos parciais da "série modulada positiva", indicada na expressão III acima, merece futura investigação. Possivelmente, este fato está ligado à reduzida energia acústica nas baixas frequências, conforme expresso nas pequenas amplitudes dos harmônicos inferiores de  $f_{0R}$ , vide Fig. 2.

#### 4 Conclusões

O apito rolante empregado no samba constitui um exemplo raro de instrumento que incorpora o fenômeno da amplitude modulada em sua geração sonora. A oscilação quase periódica do cilindro rolante no interior do apito, que ocorre devido a forças aerodinâmicas do fluxo de ar, interage com o tom de ressonância, originando uma variedade de frequências não harmônicas à fundamental. A composição destes sons produz o efeito característico do apito estudado. No caso enfocado, o *cluster* de parciais entre 2000 e 3500 Hz define perceptualmente o som do apito de samba. Outros exemplares de apito de samba podem vir a apresentar valores diferentes em função das dimensões próprias.

O método de extração de envelope de amplitudes, através da computação do nível do sinal, se mostra promissor para a análise dos sons "virtuais" de baixa frequência, que podem passar despercebidos pela análise espectral por FFT. O mesmo método pode ser eventualmente aplicado a outros casos, tais como o de sons multifônicos em instrumentos de madeira.

A ausência de harmônicos da fundamental no espectro do apito, se comparado ao caso de cilindro imóvel, merece futuras investigações.

Pretendemos incluir novos tipos de apitos brasileiros neste projeto de pesquisa, o que poderá vir a oferecer maiores subsídios à classificação e à modelagem destes instrumentos. Paralelamente, pretende-se encetar um levantamento detalhado dos apitos brasileiros junto a museus etnológicos (e.g. Museu Nacional da Quinta da Boa Vista, RJ) e outras instituições.

A aplicação de métodos tecnológicos com base na acústica musical, particularmente se assistidos por computador pessoal de baixo custo, parece ser de grande utilidade para responder a questões objetivas colocadas pela pesquisa em música.

## **5 Agradecimentos**

O autor agradece aos professores Svante Granqvist, Johan Liljencrants, Rafael José de Menezes Bastos, Samuel Mello de Araújo Júnior e Carlos Lessa pelas interessantes e frutíferas discussões. A participação neste XII Encontro Nacional da Anppom é possível graças ao apoio da UFRJ, através da Coordenação de Pós-Graduação da Escola de Música.

## 6 Referências Bibliográficas

- Araújo, Samuel (1992). *Acoustic Labor in the Timing of Everyday Life*. Ph.D. Dissertation. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Camêu, Helza (1977). *Introdução ao Estudo da Música Indígena Brasileira*, Conselho Fed. de Cult. e Depto. de Assuntos Culturais, Brasília.
- Izikowitz, Karl Gustav (1970). *Musical and other sound instruments of the South American Indians; a comparative ethnographical study*. East Ardsley, (trad. inglesa), S.R. Publishers, 1970.
- Manizer H H (1934). Música e instrumentos de música de algumas tribos do Brasil, *Revista Brasileira de Música*, Vol.I, pp. 303-327, trad. de A. Childe a partir de relatório publicado pelo Museu de Antropologia e de Etnografia do Imperador Pedro, o Grande, anexo à Academia das Ciências da Rússia, vol. V/1, Petrogrado, 1918, 319-350.
- Montagu J (1980). Whistles, (verbete) In *The New Grove Dictionary of Musical Instruments*, ed. Stanley Sadie, Vol. III, 351.
- Travassos E. (1986). Novos Horizontes na Classificação dos Instrumentos Musicais, In Ribeiro, Berta G. (Coord.) - *Arte Indígena - Suma Etnológica Brasileira*. Vol. 2, Petrópolis, Vozes/FINEP, pp. 173-187.

# Guia para continuar

-  **Programação da ANPPOM 1999**
-  **Informação dos Participantes**
-  **Saída dos Anais da ANPPOM**